

**PERANCANGAN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO *VORTEX*
MENGUNAKAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG)*
SEBAGAI PENERANGAN JALAN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

WIDO ALIF ALFATICH

D 400 170 053

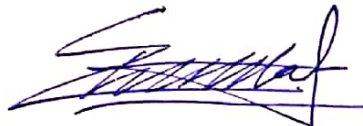
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

PERANCANGAN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO *VORTEX* MENGUNAKAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG)* SEBAGAI PENERANGAN JALAN

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:



WIDO ALIF ALFATICIH

D 400 170 053

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Tindyo Prasetyo, S.T., M.T.

NIK. 819

HALAMAN PENGESAHAN


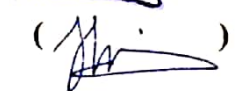

PERANCANGAN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO *VORTEX* MENGUNAKAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG)* SEBAGAI PENERANGAN JALAN

OLEH
WIDO ALIF ALFATICH
D400170053

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 17 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Tindyo Prasetyo, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Agus Supardi, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)

()
()
()

Dekan,


Rois Fatoni, S.T., M. Sc., Ph.D.
NIK : 892


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 Juli 2021

Penulis



WIDO ALIF ALFATICH

D400170053

PERANCANGAN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO *VORTEX* MENGGUNAKAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG)* SEBAGAI PENERANGAN JALAN

Abstrak

Energi listrik dapat di artikan sebagai energi utama yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan dalam berbagai sektor kegiatan, baik pada sektor industri, sarana dan prasarana umum, penerangan, rumah tangga, dan lain sebagainya. Namun pembangkit listrik di Indonesia masih bergantung dengan sumber energi non terbarukan yang nantinya seiring berjalannya waktu akan mengalami keterbatasan sumber daya dan akan mengakibatkan krisis energi. Disisi lain terdapat beberapa wilayah di Indonesia yang belum bisa menikmati aliran listrik khususnya di pedesaan, terutama sering kita jumpai sarana penerangan jalan pedesaan yang minim atau bahkan tanpa penerangan jalan sama sekali. Salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang potensial adalah air, masih banyak aliran air dengan debit tinggi seperti sungai, kali, aliran irigasi yang masih belum dimanfaatkan dengan baik. PLTMh atau di sebut juga dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dapat menjadi solusi dari beberapa permasalahan, dengan kontruksi yang mudah serta biaya pembuatan yang murah sangatlah keharusan. Penggunaan turbin vortex dengan memanfaatkan gaya kinetik pusaran air mengubah menjadi daya penggerak generator sinkron magnet permanen untuk menghasilkan listrik lalu disimpan dalam baterai atau akumulator yang dapat digunakan untuk penerangan jalan. Dari data pengujian diperoleh waktu yang dibutuhkan dalam pengisian aki 12Vdc,7,5Ah dalam rata-rata tiap 5 menit yaitu ada kenaikan tegangan sebesar 0,074 Vdc, sedangkan dalam pengisian aki dari kondisi kosong hingga penuh diperlukan waktu selama 14 jam 30 detik. Dengan beban lampu 12v/15W. arus 0,33 A serta sensor cahaya dengan arus 0,02 A tegangan aki penuh 12,9 Vdc maka aki dapat digunakan selama 21 jam 24 menit. Dari hasil penelitian ini dapat kita gunakan sebagai pembuatan lampu penerangan jalan.

Kata Kunci : Mikrohidro, Turbin Vortex, Generator sinkron permanen magnet.

Abstract

Electrical energy can be interpreted as the main energy needed by the community to meet the needs in various sectors of activity, both in the industrial sector, public facilities and infrastructure, lighting, households, and so on. However, power plants in Indonesia still depend on non-renewable energy sources which will over time experience limited resources and will result in an energy crisis. On the other hand, several areas in Indonesia have not been able to enjoy electricity, especially in rural areas, especially we often encounter rural road lighting facilities that are minimal or even without street lighting at all. One of the potential renewable alternative energy sources is water, there are still much water flows with high discharge such as rivers, streams, irrigation flows that are still not utilized properly. PLTMh or also called Micro-hydro Power Plants can be a solution to several problems, with easy construction and low manufacturing costs, it is imperative. The use of a vortex turbine by utilizing the kinetic force of the whirlpool turns into a permanent magnet synchronous generator driving power to generate electricity and then stored in batteries or accumulators that can be used for street lighting. From the test data, it is found that the time required to charge the 12Vdc, 7.5Ah battery on average every 5 minutes, namely there is an increase in voltage of 0.074 Vdc, while charging the battery from empty to full it takes 14 hours and 30 seconds. With 12v/15W lamp load. current 0.33 A and light sensor with current 0.02 A full battery voltage 12.9 Vdc then the battery can be used for 21 hours 24 minutes. From the results of this study, we can use it as a street lighting lamp.

Keywords: Microhydro, Vortex Turbine, Permanent magnet synchronous generator.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini terjadinya peningkatan *demand energy* listrik di Indonesia dengan ketidak seimbangannya ketersediaan *supply energy* listrik merupakan hal yang tidak dapat kita hindari (Agung & Alternatif, n.d.). Energi listrik merupakan elemen *fundamental* dan aspek penting yang dibutuhkan oleh masyarakat untuk menunjang kebutuhan diberbagai sektor. Energi listrik diperoleh dari beragam jenis pembangkit listrik ditinjau berdasarkan sumbernya yaitu energi terbarukan dan tak terbarukan. Pembangkit listrik melalui energi terbarukan telah menjadi global tren saat ini, untuk memenuhi permintaan beban yang meningkat pesat dan menghabiskan sumber konvensional pembangkit listrik (Malhan & Mittal, 2022). Sehingga dalam hal ini di Indonesia dan berbagai negara di dunia sedang melakukan kegiatan pencarian energi alternatif terbarukan secara bertahap dalam proses menggantikan energi tak terbarukan dikarenakan efek buruk untuk lingkungan khususnya efek gas rumah kaca dan ketersediaan sumber daya energi tak terbarukan yang terbatas. Oleh karena itu perlu adanya peralihan penggunaan energi terbarukan secara bertahap yang bersifat ramah lingkungan.

Salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang potensial adalah air, masih banyak aliran air dengan debit tinggi yang masih belum dimanfaatkan. sumber energi ini cocok tidak hanya untuk pasokan energi massal, tetapi juga untuk pasokan daerah kecil yang terisolasi, dimana karena masalah geografis atau ekonomi, akses jaringan listrik tidak tersedia (Tapia et al., 2018). Berdasarkan data Kementerian ESDM tahun 2014, total potensi tenaga air Indonesia cukup besar yaitu mencapai 75.000 MW namun dalam hal ini pemanfaatan dari penyediaan energi listrik nasional baru tercapai 10% dari total potensi ketersediaannya. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sudah terdapat di beberapa wilayah Indonesia, PLTA sendiri dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 1. Klasifikasi PLTA

Tipe	Rata-Rata CR*
Mikro Hidro	<100
Mini Hidro	101-2.000
Small Hidro	2.001-25.000
Large Hidro	>25.000

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) dipilih karena memiliki konstruksi yang lebih sederhana, mudah dalam pengoperasian, dan mudah dalam sistem perawatan dan penyediaan suku cadang (Damastuti, 1997). PLTMH sangat bermanfaat untuk daerah pedesaan atau pedalaman yang memiliki potensi energi air seperti sungai, kali, air terjun, maupun saluran irigasi yang belum dimanfaatkan dengan baik. Mikrohidro secara teknis, terdapat tiga komponen paling utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator (Subandono, 2013). Perancangan pembangkit listrik ini menggunakan turbin *vortex* dengan memanfaatkan gaya kinetik pusaran air mengubah menjadi daya penggerak generator yang kemudian menghasilkan energi listrik. Generator yang digunakan pada penelitian ini merupakan *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)*. Selanjutnya energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai penerangan di daerah pedesaan, dimana sering kita jumpai di beberapa wilayah pedesaan masih banyak jalan yang belum memiliki penerangan jalan yang baik atau bahkan hampir tidak ada penerangan.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana skema dalam perancangan prototipe pembangkit listrik mikrohidro dengan menggunakan turbin vortex?
- Seberapa besar daya listrik yang dapat dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik mikrohidro ?
- Bagaimana pemanfaatan pembangkit listrik mikrohidro di daerah pedesaan?

1.3 Tujuan Penelitian

- Merencanakan serta membuat prototipe Pembangkit Listrik Mikrohidro di pedesaan.
- Memaksimalkan pemanfaatan *output* dari aliran air sebagai Pembangkit Listrik Mikrohidro.

- c. Menghitung dan mengetahui besar tegangan listrik yang mampu dihasilkan Prototipe Pembangkit Listrik Mikrohidro.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Agar penulis dapat memahami cara membuat pembangkit listrik mikrohidro yang sederhana dan dapat diimplementasikan di masyarakat.
- b. Memberikan gambaran serta tambahan pengetahuan mengenai pemanfaatan sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.
- c. Agar kedepannya lebih banyak pemanfaatan energi alternatif supaya dapat sedikit mengurangi ketergantungan dengan energi non terbarukan.

1.5 Batasan Penelitian

- a. Parameter yang diteiti hanya tegangan, arus dan daya listrik.
- b. Output yang di hasilkan dari generator sinkron magnet permanen.
- c. Hasil akhir didapat dari pengujian Prototipe Pembangkit Listrik Mikrohidro.

1.6 Target Luaran

- a. Memberikan kontribusi serta gambaran dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) terutama dalam penerapan pembangkit listrik mikrohidro sebagai energi alternatif.
- b. Dapat memberikan dampak yang dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam pemanfaatan saluran air.
- c. Membantu dalam penganalisaan perkembangan pembangkit listrik mikrohidro.

2. METODE

2.1 Tahapan Penelitian

a) Studi Literatur

Dalam tahapan ini penulis mengumpulkan data serta informasi dari berbagai macam sumber diantaranya : internet, buku, jurnal penelitian nasional maupun internasional yang dapat membantu proses penelitian.

b) Perancangan Alat

Tahapan ini adalah proses penggabungan dan perakitan seluruh komponen yang didapat dari hasil studi literatur serta dapat dipergunakan sesuai dengan konsep kerjanya.

c) Pengujian dan Pengambilan Data

Dalam tahap uji coba alat ini, ialah hasil dari perancangan alat yang nantinya akan di uji guna mendapatkan data yang di inginkan, di antaranya data yang di maksud adalah sebagai berikut:

1. *Tachometer* (Mengukur kecepatan putar turbin).
2. *Voltmeter* (Mengukur tegangan yang keluar dari generator).
3. *Voltmeter* (Mengukur tegangan yang keluar dari *boost converter*).
4. *Amperemeter* (Mengukur arus jika generator dibebani aki).
5. *Amperemeter & voltmeter* (Mengukur arus dan tegangan pada beban).

d) Analisa Data

Dalam tahapan ini seluruh data-data yang terkumpul akan dikelompokkan, dan dibuat grafik, serta dianalisis yang nantinya akan di buat analisa dan mengambil kesimpulan.

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan serta bahan yang nantinya akan di gunakan dalam proses penelitian diantaranya adalah sebagai berikut :

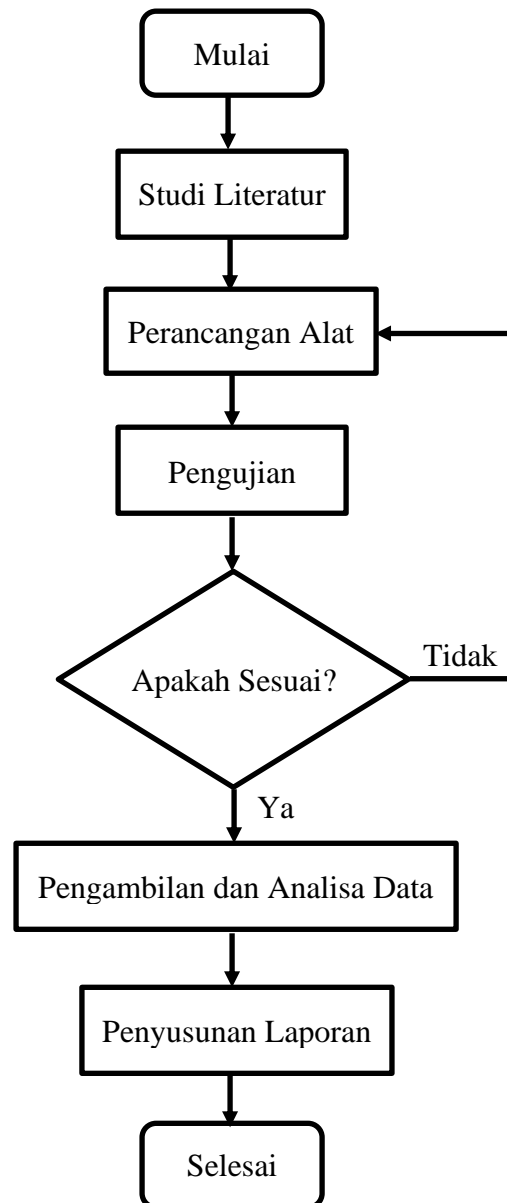
Tabel 2. Alat dan bahan

Alat	Bahan
<i>Tachometer</i>	Turbin <i>Vortex</i>
<i>Watt Meter</i>	Generator Magnet Permanent 1 fasa
Multimeter	Rangkain <i>Rectifier</i>
Solder & Tenol	<i>Boost Converter</i>
Obeng & Tang	Aki kering 12v/7,5Ah
<i>Double tape</i>	Baterai <i>Display</i>
Kabel	Sensor cahaya
Terminal Kabel	Lampu DC 12v/15w

2.3 Flowchart Penelitian

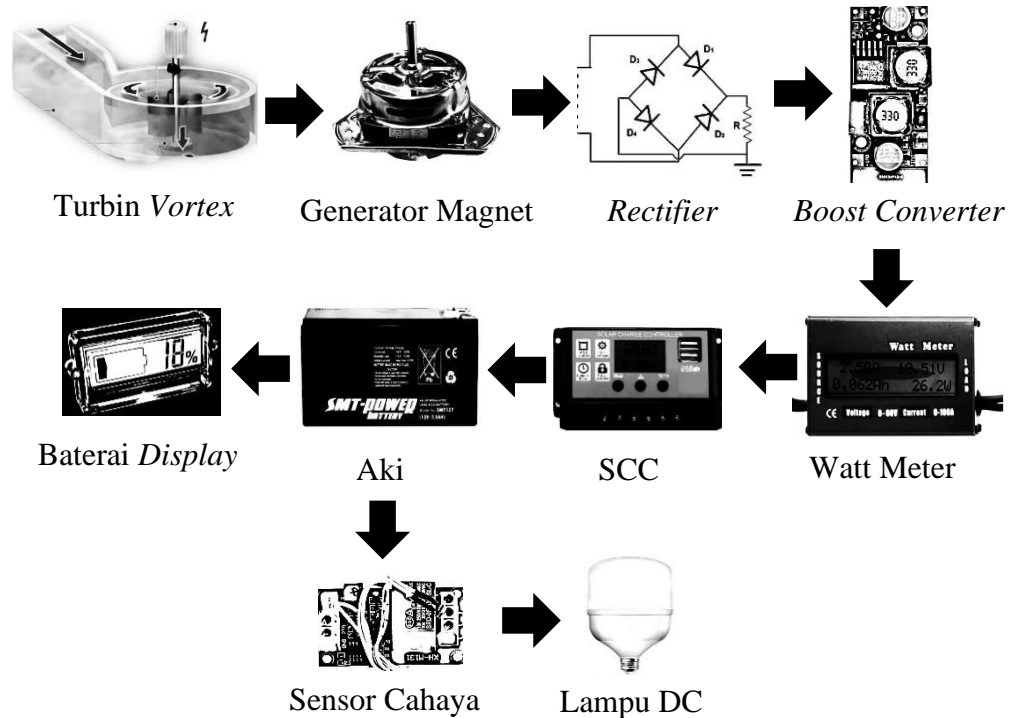
Penelitian ini diawali dengan studi literatur guna memperoleh data-data yang sudah pernah ada dan pernah diteliti sebelumnya, lalu dilanjutkan dengan melakukan perancangan alat yang didasarkan dari studi literatur yang sebelumnya telah dilakukan. Setelah alat selesai dirancang dan dapat diketahui apakah alat sudah

sesuai atau belum, apabila sudah selesai maka tahapan selanjutnya adalah proses pengambilan data untuk dianalisa, setelah analisa selesai dilakukan dan data sudah diperoleh maka dapat dilanjutkan dengan menyusun laporan tugas akhir dan penelitian selesai.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

2.4 Blok Diagram



Gambar 2. Blok Diagram

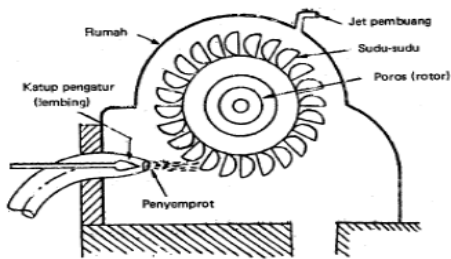
Berikut adalah alur rangkaian alat dalam penelitian ini, dimulai dari air yang mengalir kedalam turbin *vortex* kemudian menjadi daya kinetik pusaran air untuk menggerakkan generator magnet sehingga muncul tegangan AC, kemudian tegangan disearahkan menggunakan rangkaian *rectifier* untuk mengubah dari arus listrik AC menjadi DC yang selanjutnya diukur dayanya menggunakan alat *Watt Meter* setelah rangkaian terhubung ke beban. Agar dapat melindungi dan dapat melakukan pengisian pada aki secara optimal digunakanlah *Solar Charger Controller*. Untuk penyimpanan energi menggunakan aki kering 12v/7,5ah dan terdapat *LCD display capacity* untuk mengetahui kapasitas aki dalam bentuk persen. Lampu LED DC 12v/15w sebagai beban yang dihubungkan dengan sensor cahaya agar lampu dapat menyala ketika malam dan mati ketika siang secara otomatis ketika digunakan sebagai penerangan jalan.

2.5 Jenis – Jenis Turbin

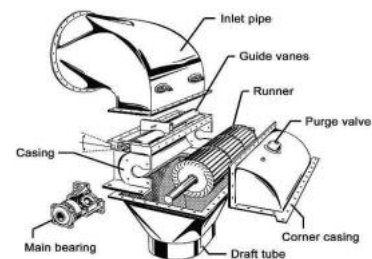
Terdapat dua kelompok turbin diantaranya adalah turbin impuls dan turbin reaksi dimana Di dasari prinsip kerja turbin dalam proses mengubah energi potensial menjadi energi mekanis (Prasetyo, 2018).

2.5.1 Turbin *Impuls*

Dalam turbin *impuls* memiliki pengertian berupa turbin air yang memiliki cara kerja dengan merubah seluruh energi air (diantaranya adalah energi potensial + tekanan + kecepatan) yang ada menjadi energi kinetik yang digunakan dalam memutar turbin, sehingga mendapatkan hasil berupa energi kinetik (Ilham, 2017). Berikut adalah contoh dari gambar turbin *impuls* diantaranya adalah turbin *pelton* serta turbin *crossflow*.



Gambar 3. Turbin *Pelton*



Gambar 4. Turbin *Crossflow*

1. Turbin *Pelton*

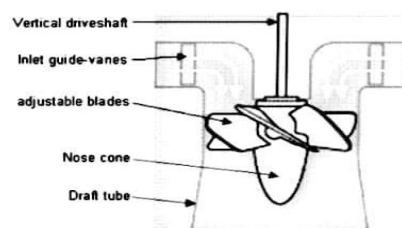
Pada turbin *pelton* dapat beroperasi pada *head* relatif tinggi, menggunakan satu atau lebih alat menyemprot air yang disebut juga *nozle* sehingga dapat memutar satu set sudu.

2. Turbin *Crossflow*

Pada turbin *Crossflow* dapat beroperasi pada *head* rendah, air mengalir melalui sudu-sudu jalan yang berbentuk silinder, selanjutnya aliran air di dalam silinder keluar melewati sudu-sudu sehingga energi dari aliran air menjadi energi mekanik putar dapat terjadi dua kali.

2.5.2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi berproses dengan masuknya aliran air bertekanan kedalam rumah turbin sehingga kemudian mengalir masuk ke celah – celah bagian sudu yang mana air akan memutar baling – baling turbin (Tarigan, 2017). Berikut adalah beberapa contoh turbin reaksi diantaranya terdapat turbin *kaplan* dan turbin *vortex* :



Gambar 5. Turbin *Kaplan*



Gambar 6. Turbin *Vortex*

1. Turbin *Kaplan*

Pada *Turbin Kaplan* memiliki kemiripan dengan baling – baling pesawat terbang dimana adar mendapat gaya putar tang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Sudu – sudu yang terdapat pada roda kaplan dapat di putar posisinya menyesuaikan beban dari turbin.

2. Turbin *Vortex*

Air masuk ke bak penampung berbentuk lingkaran yang ditengahnya terdapat saluran buang berbentuk lingkaran kecil akibatnya air akan mengalir membentuk pusaran air.

2.6 *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)*

Pada generator ini terdapat kontruksi umum yang memiliki kesamaan seperti generator lainnya. Diantaranya terdiri dari lilitan stator yang berguna sebagai tempat terjadinya induksi elektromagnetik, dan rotor sebagai tempat mengalinya fluks udara dari rotor menuju stator (ariyantini, 2017). Pada magnet permanen digunakan sebagai penghasil medan magnet tetap sehingga tidak perlu proses pencatuan arus guna menghasilkan medan magnet serta magnet induksi. Berdasarkan hukum faraday, tegangan dapat terinduksi pada kumparan pada stator besar (Budiman et al., 2005):

$$E = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

Keterangan :

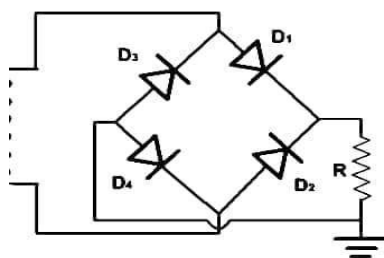
E = Tegangan yang dihasilkan (V)

$d\phi$ = Perubahan besarnya fluks magnet (Wb)

dt = Perubahan waktu

N = Jumlah lilitan

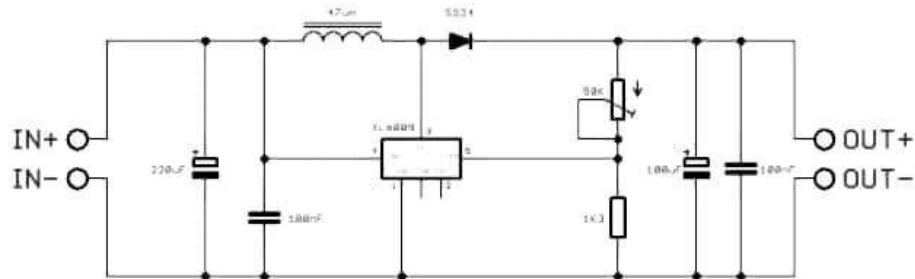
2.7 Skema Rangkaian *Rectifier*



Gambar 7. Skema Rangkaian *Rectifier*.

Rangkaian penyearah dari generator sinkron permanen magnet menghasilkan tegangan masuk bolak balik (AC) disalurkan ke dioda *bridge* supaya tegangan keluaran berubah menjadi tegangan searah (DC).

2.8 Skema Rangkaian *Boost Converter*



Gambar 8. Skema Rangkaian *Boost Converter*

Rangkaian *Boost Converter* merupakan rangkaian *Step-Up* DC ke DC, rangkaian mendapat tegangan masuk DC dari hasil keluaran penyearah disalurkan ke *coil* lalu ke pin mosfet XL6009 untuk diputus sambung dengan kecepatan tinggi. Sewaktu mosfet menyambung induktor menjadi magnet, saat mosfet memutus aliran akan terjadi pelepasan energi yang mengakibatkan tegangan menjadi lebih besar dan disearahkan dengan dioda lalu dihubungkan dengan elco agar frekuensi tinggi yang dihasilkan diode tidak mengalami kebocoran. Rasio dari tegangan keluaran dengan tegangan masukan sebanding terhadap rasio antara periode pensaklaran dengan waktu pembukaan saklar, maka dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Asep Najmurokhman, Kusnandar, 2016):

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{1}{1-D} \quad (2)$$

Keterangan:

V_o = Tegangan *output*

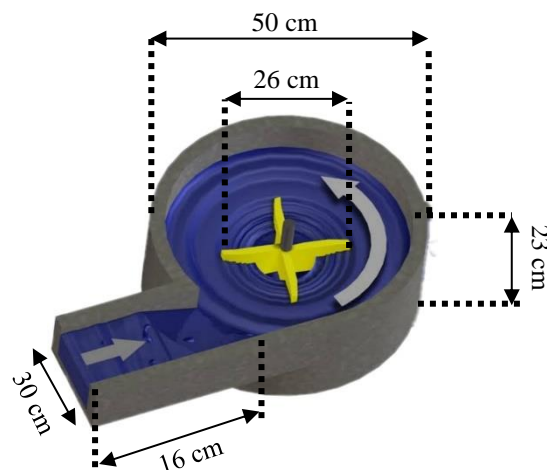
V_d = Tegangan masukan

D = *Duty Cycle*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Turbin *Vortex*

Survey lokasi aliran air dan *studi literatur* dilakukan guna menyesuaikan rancangan turbin *vortex* supaya potensi aliran air dapat dimanfaatkan dengan baik. Berikut desain turbin *vortex* dengan keterangan ukuran sebagai berikut :



Gambar 9. Ukuran turbin *vortex*

Bahan material yang digunakan untuk bagian inlet menggunakan plat besi dengan ketebalan 1 mm, bagian rumah turbin menggunakan bak plastik dengan saluran buang ditengah berbentuk lingkaran, bagian baling turbin empat sudu dengan sudut 90° menggunakan plat besi *stainless* ketebalan 1 mm dengan tinggi 18 cm dan bagian rangka terbuat dari besi *hollow* ketebalan 0.5 mm dengan ukuran panjang 58 cm x lebar 58 cm x tinggi 88 cm sebagai dudukan inlet, turbin dan generator dirangkai menjadi satu. Gambar keseluruhan bagian turbin *vortex* yang dikopel generator sinkron permanen magnet sebagai berikut :



Gambar 10. Rangka dan turbin dikopel generator

3.2 Perhitungan Debit air dan Potensi Daya

a. Debit Air

Kapasitas daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh kapasitas debit air, untuk memperoleh data debit air dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode apung. Menurut (Akbar, 2018) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = A \times V \quad (3)$$

Dimana :

Q = Debit air (m^3/s)

A = Luas bagian penampang basah (m^2)

V = Kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basah (m/s)

Maka dapat dituliskan : $Q = A \times V$

$$= 0,75 \text{ m}^2 \times 0,45 \text{ m/s}$$

$$= 0,337 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Potensi daya

Untuk menghitung potensi daya yang akan dibangkitkan dengan diketahui debit air sebesar $0,337 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan ketinggian *head* aliran $0,5 \text{ m}$ dan efisiensi turbin, menurut (Akbar, 2018) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = 9,8 \times Q \times H \times \text{eff} \quad (4)$$

Dimana :

P = Potensi daya (kW)

Q = Debit air (m^3/s)

H = *Head* (m)

Eff = Efisiensi Turbin

Maka dapat dituliskan : $P = 9,8 \times Q \times H \times \text{eff}$

$$= 9,8 \times 0,337 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,5 \text{ m} \times 0,595$$

$$= 0,98 \text{ kW}$$

$$= 980 \text{ Watt}$$

Jadi potensi daya yang dibangkitkan pembangkit ini sebesar 980 Watt.

3.3 Desain Peralatan

Tubin *vortex* yang teraliri air dari saluran keluaran sumber air umbul ngrancah sebagai perangkat utama untuk menggerakkan generator untuk pembangkit listrik berskala mikro. Air mengalir sehingga dapat memutar turbin *vortex* yang dikopel langsung dengan generator magnet AC 1 fasa, lalu tegangan yang muncul yang dihasilkan generator disearahkan dari AC ke DC menggunakan *rectifier* yang hasil keluarannya disimpan di *accumulator* 12v/7,5ah sehingga dapat digunakan untuk menghidupkan lampu dc 12v/15w secara otomatis menggunakan sensor cahaya pada malam hari.



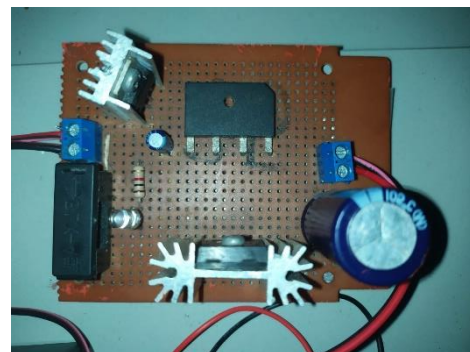
Gambar 11. Rancangan keseluruhan. Turbin *Vortex*, Generator magnet, dan Rangkaian elektronika, seluruhnya dirangkai guna menghasilkan tegangan yang disimpan di aki.



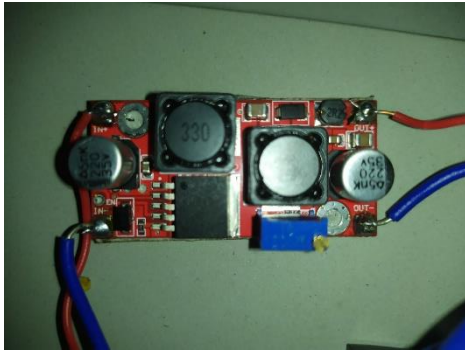
Gambar 12. Aliran Air. Aliran air tempat meletakkan pembangkit, sumber air berasal dari umbul kerancah terletak di Kab. Semarang.



Gambar 13. Generator *PMSG* dan Turbin *Vortex*. Satu buah generator magnet dikopel dengan baling-baling turbin. Air masuk ke bak penampung menjadi daya gerak generator.



Gambar 14. Rangkaian *Converter*. Tegangan AC diubah menjadi tegangan DC dengan rangkaian diode, transistor, dan kapasitor agar menjadi rangkaian penyearah baik.



Gambar 15. *Boost Converter*.
Tegangan di *Step-Up* menggunakan rangkaian DC-DC *Boost Converter*.



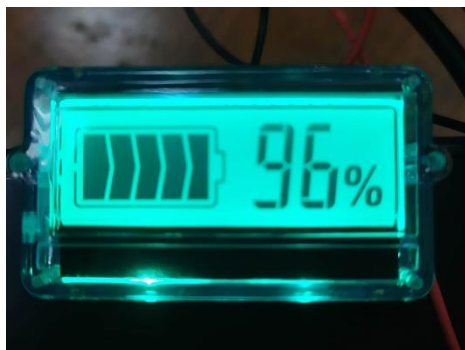
Gambar 16. *Watt Meter*
Watt Meter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik dari rangkaian listrik.



Gambar 17. *Solar Charge Controller*.
SCC digunakan untuk mengontrol *charging* ke *accumulator*, dipasang sebelum media penyimpanan agar tegangan masuk konstan dan sebagai sistem pengamanan.



Gambar 18. *Accumulator*.
Media Penyimpanan yang digunakan adalah *Accu VRLA 12v 7.5aH*.



Gambar 19. *Baterai Display*.
Baterai Display digunakan untuk mempermudah mengetahui kapasitas media penyimpanan dalam bentuk *bar* dan persen.

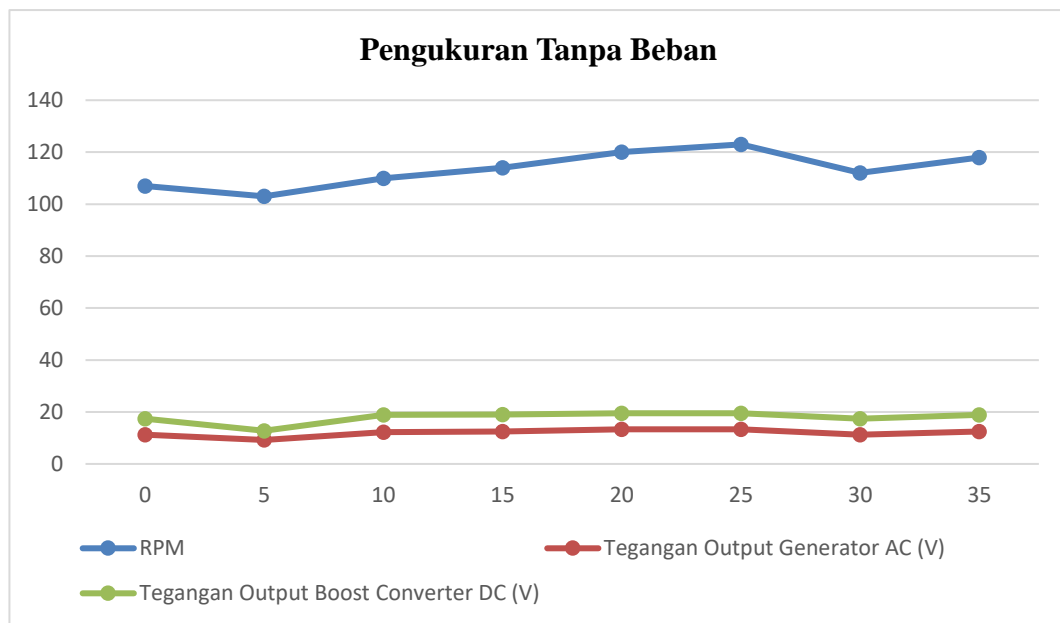


Gambar 20. *Sensor Cahaya*
Sensor cahaya menggunakan komponen resistor LDR agar dapat mengetahui intensitas cahaya agar lampu dapat menyala mati secara otomatis.

3.2 Hasil Percobaan Pengukuran

Tabel 3. Pengukuran Tanpa Beban

Waktu	RPM	Tegangan Generator (Vac)	Tegangan Boost Converter (Vdc)
13.00	107	11,28	17,38
13.05	103	9,22	12,77
13.10	110	12,27	18,85
13.15	114	12,47	19,05
13.20	120	13,32	19,5
13.25	123	13,32	19,5
13.30	112	11,28	17,38
13.35	118	12,47	18,85



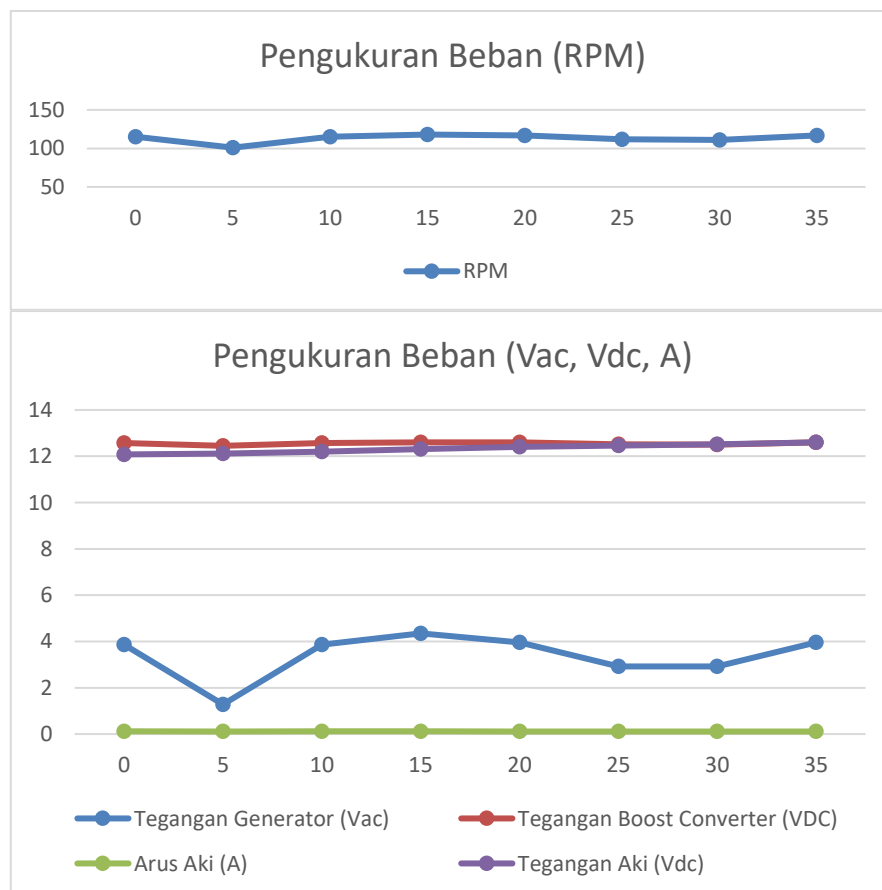
Gambar 21. Pengukuran Tanpa beban

Menunjukkan data grafik dari kecepatan putar generator, tegangan AC dan tegangan DC tanpa beban. Dari pengujian yang di dapatkan dapat di ketahui bahwa kecepatan putar dari turbin sedikit mengalami penurunan lalu kembali bertambah,

Tegangan keluaran yang dihasilkan juga mengikuti kecepatan putaran pada generator.

Tabel 4. Pengukuran Terhubung Beban

Waktu	RPM	Tegangan Generator (Vac)	Tegangan Boost Converter (Vdc)	Arus Aki (A)	Tegangan Aki (Vdc)
14.00	115	3,86	12,57	0,12	12,08
14.05	101	1,28	12,45	0,11	12,12
14.10	115	3,86	12,57	0,12	12,2
14.15	118	4,35	12,6	0,12	12,31
14.20	117	3,96	12,6	0,11	12,4
14.25	112	2,92	12,5	0,11	12,46
14.30	111	2,92	12,51	0,11	12,51
14.35	117	3,96	12,6	0,11	12,6



Gambar 22. Pengukuran Terhubung beban.

Hasil pengukuran yang diperoleh dari tabel 4 yaitu selisih tegangan ketika dilakukan pengisian pada aki dari tegangan 12,08 volt sampai dengan tegangan 12,6 volt yaitu diperoleh 0,52 volt, dihitung dari perubahan tegangan setiap 5 menitnya.

Dimana:

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \text{selisih pengisian tegangan} : \text{jumlah data tegangan} \\ &= 0,52 \text{ volt} : \text{selisih tegangan tiap menitnya yaitu 7} \\ &= 0,52 : 7 \\ &= 0,074 \text{ volt}\end{aligned}$$

Sehingga diketahui rata-rata dari per 5 menit terdapat penambahan 0,074 v

Sedangkan dalam pengisian aki dari 0 maka = aki full : rata – rata per 5 menit

$$\begin{aligned}\text{Dimana} &= 12,9 : 0,074 \\ &= 174,3 \times 5 \text{ menit} \\ &= 871,5 : 60 \\ &= 14,5 \text{ jam}\end{aligned}$$

Sehingga diketahui dalam proses pengisian aki dari 0 sampai aki penuh adalah 12,9 volt dengan dibutuhkannya waktu sebesar 14 jam 30 menit.

Dikarenakannya saat *charging* aki digunakan *Solar Charge Controller* maka dalam penentuan pemutusan dan pengisian *charger* aki yaitu :

$$\begin{aligned}\text{Batas atas – batas bawah} &= 12,9 - 11,00 \\ &= 1,9 \text{ Volt}\end{aligned}$$

Dan dibutuhkannya waktu pengisian aki sampai penuh sebesar 1,9 volt dibagi rata – rata waktu per 5 menit.

$$\begin{aligned}\text{Dimana} &= 1,9 : 0,074 \text{ volt} \\ &= 25,6 \text{ volt} \times 5 \text{ menit} \\ &= 128 : 60 \text{ menit} \\ &= 2,1 \text{ Jam}\end{aligned}$$

Tabel 5. Pengukuran, Arus, Tegangan & Daya Pada beban

Beban	Arus Lampu (A)	Tegangan (Vdc)	Daya (W)
Lampu DC 15W	0.33	12,3	4,1
Sensor Cahaya	0,02	12,4	0,3

Hasil pengujian beban pada tabel 5 diatas dapat dianalisa lama pemakaian aki. menurut (Supriyadi et al., 2021) untuk menghitung lama pemakaian aki dapat digunakan rumus seperti berikut:

$$ip = \frac{Ah}{A Load} \quad (5)$$

Dimana :

ip = Lama pemakaian (jam)

Ah = Kapasitas aki (Ah)

$A load$ = Arus beban (A)

Maka dapat dituliskan :

$$ip = \frac{7,5}{(0,33 + 0,02)}$$

$$= 21,4 \text{ jam}$$

Diketahui hasil perhitungan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan aki berkapasitas 7,5 Ah dan dengan beban arus sebesar 0,037 A sehingga didapatkan hasil waktu penggunaan aki yaitu selama 21 jam 24 menit.

4. PENUTUP

Berdasarkan pengujian alat dan pengambilan data diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan yang dihasilkan dari generator magnet tegantung dengan kecepatan putaran turbin *vortex*, semakin cepat putaran turbin maka semakin besar pula tegangan yang dapat dihasilkan atau sebaliknya.
2. Tegangan *output* generator tanpa beban menunjukan nominal 9,22 – 13,22 VAC sedangkan tegangan output generator terhubung beban menunjukan nominal 1,28 – 4,35 VAC.
3. Penggunaan *Boost Converter* pada rangkaian berfungsi untuk menaikkan tegangan keluaran dari *rectifier*.

4. Penggunaan *Watt Meter* pada rangkaian mempermudah penelitian dan monitoring karena dapat langsung mengetahui tegangan dan arus secara otomatis.
5. Penggunaan SCC pada rangkaian digunakan untuk sistem pengisian baterai otomatis, memutus pengisian saat aki mencapai batas atas dan melakukan pengisian saat aki mencapai batas bawah.
6. Rata-rata per 5 menit ada penambahan 0,074v, Pengisian aki dari kondisi kosong sampai penuh dibutuhkan waktu 14 jam 30 menit
7. Aki yang digunakan memiliki kapasitas 7,5 Ah dapat menghidupan beban lampu sebesar 12v/15w dan sensor cahaya dalam waktu 21 jam 24 menit.
8. Aki berfungsi menyimpan tegangan yang dihasilkan generator magnet yang sudah disesuaikan melalui beberapa rangkaian agar aki awet serta tidak mudah rusak dan dapat digunakan sebagai sumber dari beban.
9. Sensor cahaya akan membuat lampu menyala otomatis saat kondisi sekitar gelap dan akan mati secara otomatis saat kondisi sekitar terang, dengan begitu dapat menghindari penggunaan lampu dan energi listrik secara percuma.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah puji dan syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat serta karunia-Nya laporan tugas akhir ini terselesaikan dengan baik. Dalam penulisan artikel publikasi ini penulis ingin mengucapkan terima kasih terhadap seluruh pihak yang ikut andil dalam membantu proses penyelesaian tugas akhir ini, diantaranya penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu tercinta serta keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan masa studi S1.
2. Dosen pembimbing Bapak Tindyo Prasetyo, S.T., M.T yang menurut penulis mampu memberikan bimbingan penyelesaian tugas akhir secara baik.
3. Bapak serta Ibu dosen dan seluruh karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Yoga Wahyu Riyadi S.T. yang telah memberikan support sebagai teman yang terbaik dan beberapa masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

5. Seluruh kawan-kawan penulis, Aditya Haryoko, Fajar Joker, Abdhul Aziz, Danu Adi P., Candra Rahman, Naufal W., Ilham Setyoko, Yoga Adi, yang telah memberikan anekaragam sumbangsih sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir secara baik.
6. Seluruh kawan-kawan Teknik Elektro 2017, Kawan-kawan Teknik Mesin 2018, KMTE Robot Research 2018, ASCS 2018, BEM FT 2019, yang telah menjadi wadah dan menemani serta berproses selama menimba ilmu di UMS.
7. *Last but not least,, I wanna thank me; for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me at all times.*

Semoga apa yang telah dilakukan dapat bermanfaat bagi pribadi penulis dan orang banyak, dan semoga naskah publikasi ini dapat digunakan sebagai refrensi bagi penelitian lain guna perbaikan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A. I., & Alternatif, E. (n.d.). Potensi Sumber Energi Alternatif dalam Mendukung.
- Akbar, T. (2018). Analisa Pengaruh Ketinggian Dan Debit Air Terhadap Output Energi Listrik Yang Dihasilkan Pada Pembangkit Mikrohidro (Pltmh). 1–46. <http://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/9792>
- Asep Najmurokhman, Kusnandar, and A. F. (2016). Perancangan Boost Converter Untuk Sistem Pembangkit. *Batara Pilar Teknik*. <http://www.ptbpt.com/blog/manfaat-pembangkit-listrik-tenaga-surya>
- Budiman, A., Asy'ari, H., & Hakim, A. R. (2005). Desain Generator Magnet Permanen Untuk Sepeda Listrik. *Emitor*, 12(01), 59–67.
- Damastuti, A. P. (1997). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Wacana*, 7(8), 11–12.
- Ilham, M. M. (2017). . Program Studi Teknik Mesin Fakultas. 01(03), 4–15.
- Malhan, P., & Mittal, M. (2022). *Evaluation of different statistical techniques for developing cost correlations of micro hydro power plants. Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 43(November 2020), 100904. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100904>
- Prasetyo, W. D. (2018). *Rancang bangun turbin vortex skala kecil dan pengujian pengaruh bentuk penampang sudu terhadap daya*.
- Subandono, A. (2013). Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh). *ADITYA - Pendidikan Bahasa Dan Sastra Jawa*, 10(4), 1–13.

- Supriyadi, Teknik, J., & Fakultas, E. (2021). *Ultra small water power generator sebagai energi alternatif penerangan jalan di area persawahan*.
- Tapia, A., Millán, P., & Gómez-Estern, F. (2018). *Integer programming to optimize Micro-Hydro Power Plants for generic river profiles*. *Renewable Energy*, 126, 905–914. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.04.003>
- Tarigan, P. B. (2017). Bab Ii Tinjauan Pustaka Kehamilan. *Jurnal Kebidanan*, 53(9), 1689–1699.